

Максимів В.М.

Дадак Ю.Р.

Національний лісотехнічний університет України

Ляшеник А.В.

Дорундяк Л.М.

Коломийський політехнічний коледж

**ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ТИСКУ ПНЕВМОСИСТЕМИ
ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ПОДРІБНЕНОЇ
ДЕРЕВИНИ**

УДК 674: 621.928.93

Описано та обґрунтовано спосіб зниження втрат тиску пневмосистеми для транспортування деревних відходів шляхом застосування вловлювача крупних частинок. Обґрунтування прийнятого технічного рішення проведено на основі імітаційного моделювання характеру розподілу тисків та швидкостей потоків з застосуванням можливостей програмного пакету Flow vision.

Ключові слова: транспортна пневмосистема, коліно повітропроводу, транспортна швидкість, відходи деревообробки, вловлювач крупних частинок, поле швидкостей, приповерхневий шар, імітаційне моделювання, розвантажувальна камера, числовий аналіз.

Постановка проблеми та актуальність досліджень. Транспортні пневмосистеми (ТПС) широко використовуються у деревообробній промисловості для переміщення дрібних кускових відходів, стружки, тирси та пилу. Експлуатація ТПС пов'язана з високими затратами електроенергії необхідної для створення потужних транспортних повітряних потоків. Саме тому, для підвищення ефективності функціонування ТПС потрібно шукати підходи для зменшення втрат тиску які виникають в повітропроводі під час руху суміші повітря та транспортованого матеріалу. Для вирішення цієї задачі потрібно дослідити розподіл полів тисків та швидкостей руху повітряного потоку, а також фактичні траєкторії руху деревних частинок різної фракційності. Результати проведених досліджень дадуть змогу виявити причини виникнення втрат тиску в ТПС, запропонувати ефективні технічні рішення для їх усунення, а також запропонувати способи вдосконалення елементів існуючих ТПС та проектування їх нових конструкцій. Ефективним підходом для вирішення поставленої задачі є імітаційне моделювання процесів у ТПС.

Критичний аналіз. На сьогодні проведено значну роботу у дослідженні транспортування та вловлювання відходів деревообробних підприємств. Дослідженням питань пневмотранспортування займалися такі вчені як: Ларіонов, Козоріз, Neidgh та інші. Метою цих досліджень є підвищення ефективності транспортних пневмосистем за умови забезпечення раціональних показників енергетичних затрат на їх обслуговування. Зокрема в роботі [5] зазначено, що коліно трубопроводу транспортної пневмосистеми є однією з основних причин виникнення втрат тиску. Робота [6] присвячена вивченню приповерхневих шарів в повітроходах. В ній автори доводять, що приповерхневий шар в дифузійній частині повітроходу інтенсивно зростає є нестійким і може легко відірватися від стінки, що є однією з основних причин турбулізації потоку повітря та зростання втрат тиску на цій ділянці. В роботі [4] доведено, що нерівномірний характер розподілу значення швидкості потоку в перерізі трубопроводу призводить до посилення впливу аеродинамічної, виштовхувальної та сили Магнуса, які зазвичай не беруться до уваги при моделюванні процесу пневмотранспортування. Проведені дослідження створюють вагомий теоретичну базу та визначають причини виникнення втрат тиску транспортних пнев-

вмосистем, проте, на сьогодні не запропоновано ефективних шляхів вирішення цієї проблеми. Провівши аналіз, об'єктом наших досліджень обираємо коліно повітропроводу пневмосистеми для транспортування подрібненої деревини.

Виконання дослідження. Для виконання досліджень розподілу тисків, швидкостей руху транспортного потоку та траєкторій руху відходів деревообробки у коліні транспортного трубопроводу використано прикладне програмне забезпечення Flow vision. Розглядали стандартне коліно транспортної пневмосистеми з кутом повороту 90° . Діаметр трубопроводу приймали 240 мм, довжину ділянки перед коліном - 1500 мм, а після коліна – 3000 мм, радіус коліна – 500 мм. Числовий аналіз проводили для таких значень параметрів пилоповітряної суміші: густина повітря, $\rho_n=1,3\text{кг/м}^3$; густина твердої частинки, $\rho_c=700\text{кг/м}^3$; температура повітряного потоку, $T_0 = 20^\circ\text{C}$; статичний тиск на вході у трубопровід рівний атмосферному; швидкість повітряного потоку на виході з трубопроводу – 20м/с .

Результати імітаційного моделювання руху потоку повітря у вигляді діаграм розподілу швидкості повітря та статичного тиску по досліджуваному криволінійному каналу наведено на рис. 1. Як бачимо, швидкості частинок у потоці зменшуються зі збільшенням радіусу кривизни і, як наслідок, тиск поблизу внутрішньої стінки є меншим, ніж біля зовнішньої. Звідси випливає, що на початку криволінійного потоку поблизу внутрішньої стінки виникає конфузورها дільниця, а поблизу зовнішньої – дифузورها, що є причиною виникнення вторинних потоків.

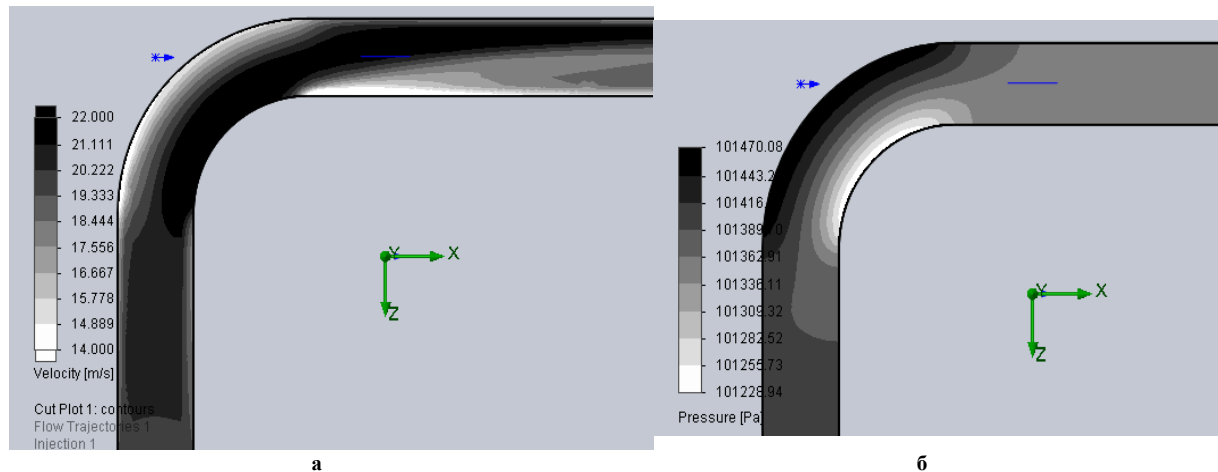


Рисунок 1 – Розподіл швидкості (а) потоку повітря та статичного тиску (б) потоку повітря у коліні

На рис. 2 наведено графік розподілу швидкості потоку повітря у трубопроводі після коліна у перерізі, який віддалений на відстань, яка дорівнює одному (крива I), двом (крива II), чотирьом (крива III) та шести (крива IV) діаметрам трубопроводу. Бачимо, що навіть у перерізі IV, який віддалений від коліна на відстань, яка дорівнює шести діаметрам трубопроводу, швидкість потоку його верхній частині буде вищою, аніж у нижній, що підтверджує дослідження [4].

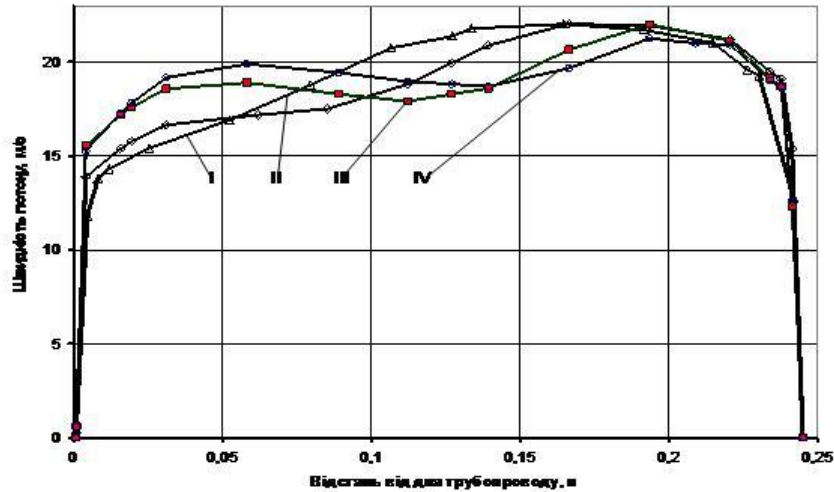


Рисунок 2 – Розподіл швидкості потоку повітря у трубопроводі

Характер розподілу тиску між стінками трубопроводу зумовлює підсилення парного вихору, що, в свою чергу, є причиною виникнення радіального стоку. Вказані явища визначають природу втрат в криволінійному потоці, які складаються з втрат на тертя; втрат, пов'язаних з виникненням парних вихорів; і втрат, викликаних наявністю місцевих відривів потоку. Останні мають найбільшу відносну величину, а втрати на тертя складають найменшу долю загальних втрат.

Результати дослідження руху частинок пилу діаметром 10^{-6} , 10^{-4} , 10^{-2} м представлено на рисунку 3 а-в.

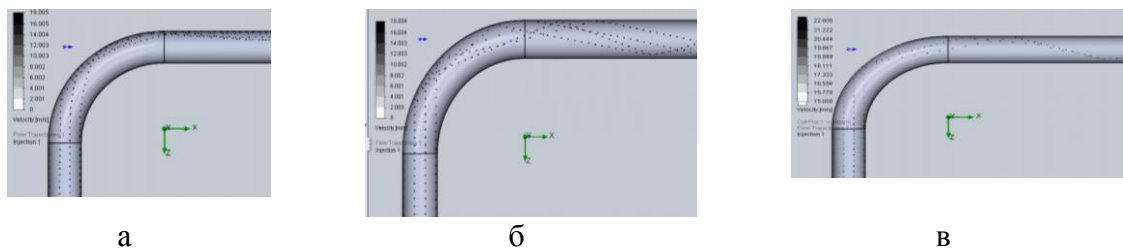


Рисунок 3 – Рух частинок пилу діаметром 10^{-6} (а), 10^{-4} (б), 10^{-2} (в) м в трубопроводі

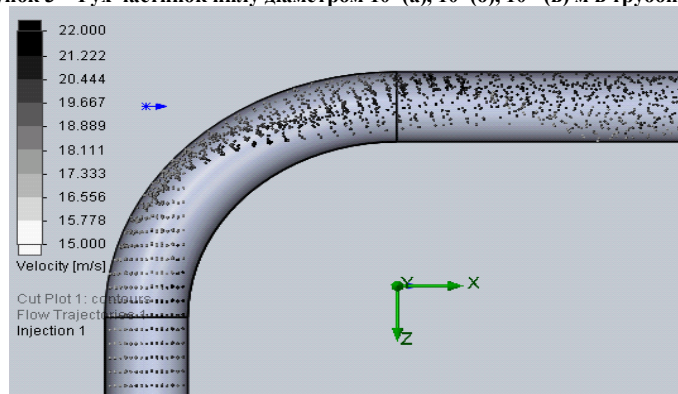


Рисунок 4 – Рух частинок пилу діаметром 10^{-3} м в трубопроводі

На вході в коліно частинки пилу зберігають прямолінійну траєкторію руху, а далі дрібні (10^{-6} м) частинки захоплюються потоком і їх траєкторії викривлюються. Крупніші частинки продовжують рухатися прямолінійно, вдаряються до стінки коліна, внаслідок чого втрачають швидкість, а потім знову захоплюються повітряним потоком, -це призводить до збільшення втрат тиску в коліні. При значній концентрації частинок подрібненої деревини у потоці, який рухається в коліні, поблизу зовнішньої стінки накопичується

значний шар деревних частинок. Переріз, яким рухається потік в коліні буде значно зменшений, що зумовить різке зростання швидкості та значне підвищення гідравлічного опору.

Для ефективного транспортування подрібненої деревини необхідно підвищувати значення швидкості потоку повітря, що у свою чергу приводить до різкого зростання гідравлічного опору трубопроводу. Зниження значення швидкості потоку приводить до зниження енергетичних витрат, але й одночасно до зростання небезпеки забивання трубопроводу матеріалом, який транспортується.

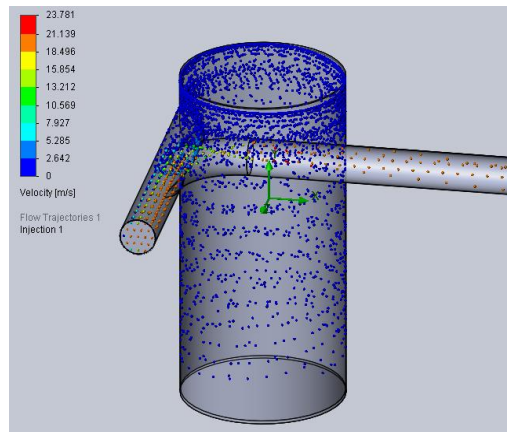


Рисунок 5 – Рух частинок пилу у трубопроводі з коліном, яке суміщено з вловлювачем крупних частинок

Одним з можливих варіантів вирішення вказаного протиріччя є поєднання коліна з вловлювачем крупних частинок. На рисунку 5 зображено запроповану конструкцію. Коліно замінено трійником. Пряма ділянка трубопроводу входить у циліндричну камеру, швидкість потоку у якій є незначною. Статичний тиск у камері буде близьким до максимального значення тиску у коліні. Частинки деревини, траєкторії руху яких є близькими до прямолінійних будуть продовжувати свій рух і потрапляти до циліндричної камери, де втрачати швидкість і опускатися на дно. Дрібні частинки, траєкторії руху яких є близькими до ліній течії потоку, будуть рухатися далі по трубопроводу. В коліні значно зменшуються дифузорна та конфузорна ділянки. Розподіл швидкості потоку в повітроході поза коліном графічно представлено на рисунку 7. Запропоноване рішення дає змогу значно знизити транспортну швидкість за межами коліна і, як наслідок, знизити гідравлічний опір транспортної пневмосистеми. Зниження транспортної швидкості може бути досягнуто збільшенням діаметра трубопроводу.

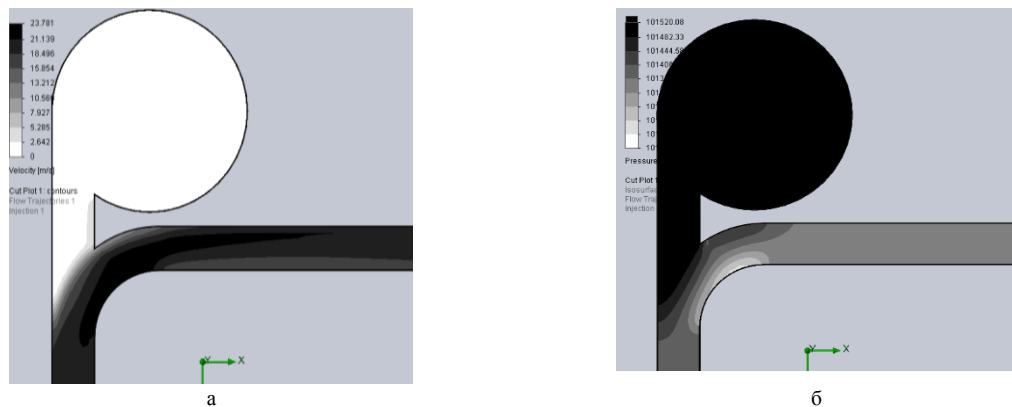


Рисунок 6 – Розподіл швидкості (а) потоку повітря та статичного тиску (б) потоку повітря у коліні з уловлювачем крупних частинок деревини

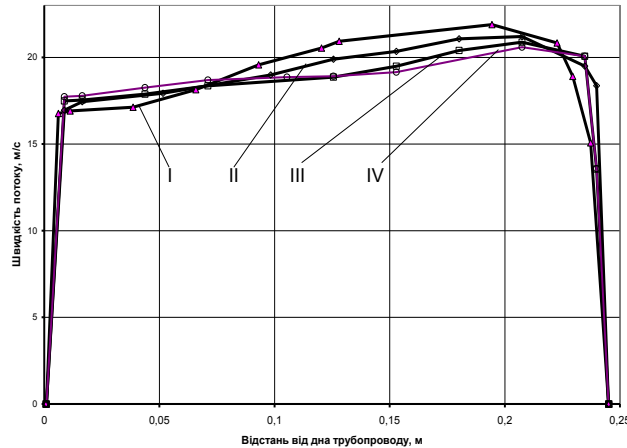


Рисунок 7 – Розподіл швидкості потоку повітря у трубопроводі

Висновки. Суміщення коліна трубопроводу транспортної пневмосистеми з розвантажувальною камерою дозволить відділяти крупні деревні частинки у приповерхневому шарі транспортного потоку, що забезпечить усунення явища зниження "живого перерізу" трубопроводу. Разом з цим, у перерізі, перпендикулярному осі трубопроводу знизиться перепад швидкості транспортного потоку та статичний тиск, і, як наслідок, буде усунено причину виникнення додаткового гідравлічного опору. Проведені дослідження дозволяють запропонувати один з шляхів вирішення проблеми зниження енергозатрат на обслуговування транспортної пневмосистеми.

Література

1. Александров А.Н., Козориз Г.Ф. Пневмотранспорт и пылеулавливающие сооружения деревообрабатывающих предприятий: Справочник/ Под. Ред.А.Н. Александров. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 248 с.
2. Святков С.Н. Некоторые вопросы пневматического транспорта измельченной древесины/ В кн.: Пневматический транспорт отходов деревообработки. – М.: Лесн. пром-сть, 1963. – С. 12-20.
3. Ляшеник А.В., Тисовський Л.О., Дорундяк Л.М., Дадак Ю.Р. Дослідження впливу бункера на аеродинаміку циклона шляхом моделювання процесів засобами Cosmos Floworks// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України.– 2012. – Вип.22-01. С.113-119.
4. Analytical Approach Modelling of the Motion of a Solid Particle in a Fluid Flow inside a Pipe S. Zouaoui, H.Djebouri, A. Menguelti, K. Mohammadi A.Ouaked.
5. Електронний ресурс: <http://neuero.de>. Introduction to the Theoretical and Practical Principles of Pneumatic Conveying SCOTTNEIDIGH, Neuero Corporation, West Chicago, IL, USA
6. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя/ Пер. с нем. – М.: Наука, 1974. – 712 с.
7. Иванцов В.В. Упрощенный расчёт внутрицеховых систем пневмотранспорта древесных отходов. – М.: Гипродревпром, 1962. – 107с.

Maksymyv W.M., Dadak Y.R., Lyashenyk A.V., Dorundyak L.M. Reducing the pressure loss of a pneumatic system for chopped wood transportation

The paper describes and validates the way to reduce the pressure loss of a pneumatic system to transport chopped wood due to the use of large particles trap. The adopted technical solutions are verified by the simulation modeling of the pressure distribution and flow rates using capacities of the Flow vision software package.

Keywords: pneumatic transport system, pipeline juncture, transport speed, waste wood, large particles trap, velocity field, subsurface layer, simulation, loading chamber, numerical analysis.

References

1. Aleksandrov AN, Kozoriz GF Pneumatic transport and dust removal facilities of woodworking enterprises: Guide / Under. Red.A.N. Alexandrov. - M.: Forest. prom-st, 1988. - 248 p.
2. SN yuletide Some questions of air transport ground wood / Proc.: Pneumatic transport of wood waste. - M.: Forest. prom-st, 1963. - S. 20 December.
3. Lyashenyk AV Tisovsky LO, LM Dorundyak, Dadak YR Doslidzhennya vplivu bunker on aerodinamiku cyclone Shlyakhov modelyuvannya protsesiv zasobami Cosmos Floworks // Science. News NLTU Ukraine: ST. nauk.-tehn. Prace. - Lviv: RVV NLTU Ukraïni.- 2012. - Vip.22-01. S.113-119.
4. Analytical Approach Modelling of the Motion of a Solid Particle in a Fluid Flow inside a Pipe S. Zouaoui, H.Djebouri, A. Mengueli, K. Mohammedi A.Ouaked.
5. E-Resource: <http://neuro.de>. Introduction to the Theoretical and Practical Principles of Pneumatic Conveying SCOTTNEIDIGH, Neuro Corporation, West Chicago, IL, USA
6. Schlichting H. Boundary layer theory / ed. with it. - M.: Nauka, 1974 - 712 p.
7. Vladimir Ivantsov Simplified calculation intrashop systems, pneumatic waste wood. - M.: Giprodrevprom, 1962. - 107c.